

00862.023



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Takeshi YAMAMOTO et al.

Application No.: 10/626,744

Filed: July 25, 2003

For: OPTICAL APPARATUS, MEASUREMENT  
METHOD, AND SEMICONDUCTOR  
DEVICE MANUFACTURING METHOD

)  
: Examiner: Unassigned  
)  
: Group Art Unit: Unassigned  
)  
:  
)  
:  
)  
: September 30, 2003  
:  
)  
:

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

In support of Applicants' claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed is one  
certified copy of the following foreign application:

JAPAN 2002-216938, filed July 25, 2002.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C., office by  
telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address  
given below.

Respectfully submitted,

Attorney for Applicants  
Steven E. Warner  
Registration No. 33,326

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200  
SEW/eab

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年    7 月 2 5 日  
Date of Application:

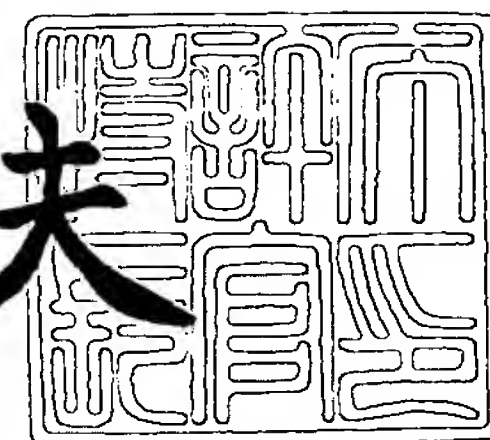
出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 2 1 6 9 3 8  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 2 - 2 1 6 9 3 8 ]

出 願 人            キヤノン株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    8 月 1 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 4602017

【提出日】 平成14年 7月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 光学装置及び測定方法、半導体デバイスの製造方法

【請求項の数】 16

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会  
社内

    【氏名】 山本 武

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会  
社内

    【氏名】 三宅 明

【特許出願人】

    【識別番号】 000001007

    【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100076428

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大塚 康德

    【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

    【識別番号】 100112508

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 高柳 司郎

    【電話番号】 03-5276-3241

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100115071

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 康弘

【電話番号】 03-5276-3241

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100116894

【弁理士】

【氏名又は名称】 木村 秀二

【電話番号】 03-5276-3241

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0102485

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学装置及び測定方法、半導体デバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源から所定位置に至る光路上に配置された光学素子と、  
光センサと、  
前記光センサの出力に基づいて前記光学素子の光学特性又はその変化を測定する測定器と、

を備え、

前記光センサは、前記光路の外に配置されていることを特徴とする光学装置。

【請求項 2】 前記光センサは、前記光学素子で散乱した光を検知することを特徴とする請求項 1 に記載の光学装置。

【請求項 3】 前記光路の外に配置され、前記光源から直接入射する光を検知する第 2 光センサを更に備え、

前記測定器は、前記光センサの出力の他、前記第 2 光センサの出力に基づいて前記光学素子の光学特性又はその変化を測定することを特徴とする請求項 2 に記載の光学装置。

【請求項 4】 前記光センサは、前記光路の外に配置された第 2 光源から出射され前記光学素子で反射された光を検知することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光学装置。

【請求項 5】 前記光センサは、前記光路の外に配置された第 2 光源から出射され前記光学素子で散乱した光を検知することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光学装置。

【請求項 6】 前記光路の外に配置された、光を検知する第 2 光センサを更に備え、

前記光センサは、前記光路の外に配置された第 2 光源から出射され前記光学素子で反射された光を検知し、

前記第 2 光センサは、前記第 2 光源から出射され前記光学素子で散乱した光を検知し、

前記測定器は、前記光センサの出力の他、前記第 2 光センサの出力に基づいて

前記光学素子の光学特性又はその変化を測定することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光学装置。

【請求項 7】 光学素子の光学特性又はその変化と前記第 2 光源から出射され当該光学素子で反射された光を検知又は測定した結果との相関関係を示す情報を格納するメモリを更に備え、

前記測定器は、前記光センサの出力と前記相関関係とに基づいて前記光学素子の光学特性又はその変化を測定することを特徴とする請求項 6 に記載の光学装置。

【請求項 8】 光学素子の光学特性又はその変化と前記第 2 光源から出射され当該光学素子で散乱した光を検知又は測定した結果との相関関係を示す情報を格納するメモリを更に備え、

前記測定器は、前記光 2 センサの出力と前記相関関係とに基づいて前記光学素子の光学特性又はその変化を測定することを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載の光学装置。

【請求項 9】 前記光源から発生し所定位置に堆積した物質の堆積量を検知する堆積量センサと、

光学素子の光学特性又はその変化と当該光学素子に堆積した物質の堆積量との相関関係を示す情報を格納するメモリとを更に備え、

前記測定器は、前記堆積量センサの出力と前記相関関係とに基づいて前記光学素子の光学特性又はその変化を導出することを特徴とする請求項 1 に記載の光学装置。

【請求項 1 0】 前記光路の外に配置された、光を検知する第 2 光センサを更に備え、

前記光センサは、前記光路の外に配置された第 2 光源から出射され前記光学素子で散乱した光を検知し、

前記第 2 センサは、前記第 2 光源から出射され前記光学素子を透過した光を検知し、

前記測定器は、前記光センサの出力の他、前記第 2 光センサの出力に基づいて前記光学素子の光学特性又はその変化を測定することを特徴とする請求項 1 又は

請求項 2 に記載の光学装置。

【請求項 1 1】 前記光学素子は、反射型の光学素子を含むことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 0 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 1 2】 前記光学素子は、透過型の光学素子を含むことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 1 3】 前記光源は、EUV光源であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 2 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 1 4】 前記光路上に配置され、パターンを基板に投影するための投影光学系を更に備え、露光装置として構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 1 3 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 1 5】 光源から所定位置に至る光路上に配置された光学素子の光学特性又はその変化を、前記光路の外に配置された光センサの出力に基づいて測定することを特徴とする測定方法。

【請求項 1 6】 半導体デバイスの製造方法であって、  
基板に感光材を塗布する塗布工程と、  
前記塗布工程で前記感光材が塗布された前記基板に請求項 1 4 に記載の光学装置を利用してパターンを転写する露光工程と、  
前記露光工程で前記パターンが転写された前記基板の前記感光材を現像する現像工程と、  
を有することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0 0 0 1】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、光学装置及び測定方法、半導体デバイスの製造方法に関するものである。

##### 【0 0 0 2】

#### 【従来の技術】

ウエハ等の基板上にパターンを露光する露光装置の一例を図 1 1 に示す。図 1 1 において、露光用光源としてのレーザー発振器 1 0 1 から射出した露光光 1 0

2 は、反射ミラー 1 0 3、1 0 8、リレーレンズ 1 0 6、1 0 7、レチクル 1 0 9、投影光学系 1 1 0 を通して、ウエハステージ 1 1 2 上に置かれたウエハ 1 1 1 に導かれる。

#### 【0 0 0 3】

従来、例えば、反射ミラー 1 0 3 の反射率の変化を測定する場合は、一旦露光を中断し、挿脱機構 1 0 5 に取り付けられた強度モニタ 1 0 4 を光路中に挿入して計測を行っていた。

#### 【0 0 0 4】

そのため、例えば、反射ミラー 1 0 3 等の光学素子の反射率を計測している間は、露光光の光路が遮られるため、ウエハ 1 1 1 へのパターンの露光等が行なえないという問題点があった。

#### 【解決しようとする課題】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされるものであり、例えば、光路上に配置された光学素子の光学特性又はその変化をインシチューで計測することを目的とする。

#### 【0 0 0 5】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の第 1 の側面は、光学装置に係り、光源から所定位置に至る光路上に配置された光学素子と、光センサと、前記光センサの出力に基づいて前記光学素子の光学特性又はその変化を測定する測定器と、を備え、前記光センサは、前記光路の外に配置されていることを特徴とする。

#### 【0 0 0 6】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光センサは、前記光学素子で散乱した光を検知することが好ましい。

#### 【0 0 0 7】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光路の外に配置され、前記光源から直接入射する光を検知する第 2 光センサを更に備え、前記測定器は、前記光センサの出力の他、前記第 2 光センサの出力に基づいて前記光学素子の光学特性又はその変化を測定することが好ましい。



**【 0 0 0 8 】**

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光センサは、前記光路の外に配置された第 2 光源から出射され前記光学素子で反射された光を検知することが好ましい。

**【 0 0 0 9 】**

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光センサは、前記光路の外に配置された第 2 光源から出射され前記光学素子で散乱した光を検知することが好ましい。

**【 0 0 1 0 】**

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光路の外に配置された、光を検知する第 2 光センサを更に備え、前記光センサは、前記光路の外に配置された第 2 光源から出射され前記光学素子で反射された光を検知し、前記第 2 光センサは、前記第 2 光源から出射され前記光学素子で散乱した光を検知し、前記測定器は、前記光センサの出力の他、前記第 2 光センサの出力に基づいて前記光学素子の光学特性又はその変化を測定することが好ましい。

**【 0 0 1 1 】**

本発明の好適な実施の形態によれば、光学素子の光学特性又はその変化と前記第 2 光源から出射され当該光学素子で反射された光を検知又は測定した結果との相関関係を示す情報を格納するメモリを更に備え、前記測定器は、前記光センサの出力と前記相関関係とに基づいて当該光学素子の光学特性又はその変化を測定することが好ましい。

**【 0 0 1 2 】**

本発明の好適な実施の形態によれば、光学素子の光学特性又はその変化と前記第 2 光源から出射され当該光学素子で散乱した光を検知又は測定した結果との相関関係を示す情報を格納するメモリを更に備え、前記測定器は、前記光 2 センサの出力と前記相関関係とに基づいて当該光学素子の光学特性又はその変化を測定することが好ましい。

**【 0 0 1 3 】**

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光源から発生し所定位置に堆積した

物質の堆積量を検知する堆積量センサと、光学素子の光学特性又はその変化と当該光学素子に堆積した物質の堆積量との相関関係を示す情報を格納するメモリとを更に備え、前記測定器は、前記堆積量センサの出力と前記相関関係とに基づいて前記光学素子の光学特性又はその変化を導出することが好ましい。

【 0 0 1 4 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光路の外に配置された、光を検知する第 2 光センサを更に備え、前記光センサは、前記光路の外に配置された第 2 光源から出射され前記光学素子で散乱した光を検知し、前記第 2 センサは、前記第 2 光源から出射され前記光学素子を透過した光を検知し、前記測定器は、前記光センサの出力の他、前記第 2 光センサの出力に基づいて前記光学素子の光学特性又はその変化を測定することが好ましい。

【 0 0 1 5 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光学素子は、反射型の光学素子を含むことが好ましい。

【 0 0 1 6 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光学素子は、透過型の光学素子を含むことが好ましい。

【 0 0 1 7 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光源は、EUV光源であることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光路上に配置され、パターンを基板に投影するための投影光学系を更に備え、露光装置として構成されていることが好ましい。

【 0 0 1 9 】

本発明の第 2 の側面は、測定方法に係り、光源から所定位置に至る光路上に配置された光学素子の光学特性又はその変化を、前記光路の外に配置された光センサの出力に基づいて測定することを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

本発明の第 3 の側面は、半導体デバイスの製造方法に係り、基板に感光材を塗布する塗布工程と、前記塗布工程で前記感光材が塗布された前記基板に請求項 1 4 に記載の光学装置を利用してパターンを転写する露光工程と、前記露光工程で前記パターンが転写された前記基板の前記感光材を現像する現像工程と、を有することを特徴とする。

#### 【 0 0 2 1 】

##### 【発明の実施の形態】

以下に本発明の好適な実施の形態に係る光学装置を図 1 ～図 1 0 の図面を用いて説明する。

#### 【 0 0 2 2 】

図 1 0 は、本発明の好適な実施の形態に係る光学装置の一例である E U V 露光装置の概念図である。ここで、E U V 露光装置について従来の露光装置と対比して説明する。

#### 【 0 0 2 3 】

従来、半導体メモリや論理回路などの微細なパターンを有する半導体装置を製造するときに用いられるパターン転写（リソグラフィー）方法として、例えば、紫外線を用いた縮小投影露光が行われている。

#### 【 0 0 2 4 】

縮小投影露光で転写可能な最小の寸法は、転写に用いられる光の波長に比例し、投影光学系の開口数に反比例する。このため、微細な回路パターンを転写するために、転写に用いられる光の短波長化が進められ、水銀ランプ i 線（波長 3 6 5 n m）、K r F エキシマレーザー（波長 2 4 8 n m）、A r F エキシマレーザー（波長 1 9 3 n m）と用いられる紫外光の短波長化が進んでいる。

#### 【 0 0 2 5 】

しかしながら、半導体装置等は急速に微細化されているため、紫外光を用いたリソグラフィーでは微細化への対応が困難である。そこで、0 . 1  $\mu$  m を下回るような非常に微細な回路パターンを効率よく転写するために、図 1 0 に示すように、紫外線よりも更に短波長（1 0 ～ 1 5 n m 程度）の波長を持つ極紫外線光（E U V 光）を用いた縮小投影露光装置が開発されている。

## 【0026】

図10において、EUV光源には、例えば、レーザープラズマ光源201が用いられる。レーザープラズマ光源201は、真空容器200中に置かれたターゲット材2に対して、高強度の励起用パルスレーザー光3を集光レンズ4で集光して照射し、高温のプラズマ205を発生させ、ターゲット材2から放射されるEUV光5（例えば波長が13nm程度）を利用するものである。ターゲット材2としては、金属薄膜、不活性ガス、液滴などが用いられ、ガスジェット等によって真空容器200内に供給される。ターゲット材2から放射されるEUV光5の平均強度を高くするには、励起用パルスレーザー光3の繰り返し周波数を高くするのが好ましく、通常、数kHzの繰り返し周波数で運転される。また、ターゲット材2から放射されるEUV光5を効率よく利用するために、集光ミラーが設けられている。集光ミラー等の全反射で使用する光学素子は、例えば、MoとSiとの膜の対を約20層積層させた多層膜ミラーを含む。

## 【0027】

照明光学系は、複数の多層膜ミラー又は斜入射ミラー（例えば、図10では照明系第1ミラー6、照明系第2ミラー208、照明系第3ミラー209）とオプティカルインテグレータ214等を含む。オプティカルインテグレータ214はマスクを均一に所定の開口数で照明するために用いられる。

## 【0028】

照明光学系から供給されたEUV光5は、原版であるレチクル215で反射され、4～6枚の多層膜ミラー（例えば、図10では投影系第1ミラー210、投影系第2ミラー211、投影系第3ミラー212、投影系第4ミラー213）を含む投影光学系で1/4程度に縮小されて、レジストが塗布されたウエハ216に照射される。レチクル215及びウエハ216は、それぞれレチクルステージ217、ウエハステージ218に保持され、アライメント検出光学系219で精密に位置合わせされ、フォーカス検出光学系220で精密にフォーカスされた状態で、縮小倍率に比例した速度比で同期してウエハ216上を走査する機構をもつ。このようにして、レチクル215の縮小投影像がウエハ216上に結像された状態で、それらを同期して走査するという動作が繰り返される（ステップ・ア

ンド・スキャン)。こうして、ウエハ 2 1 6 全面にレチクル 2 1 5 のパターンが転写される。

#### 【 0 0 2 9 】

また、E U V 光 5 の光源の一方式であるレーザープラズマ光源 2 0 1 は、ターゲット材供給装置 1 から供給されるターゲット材 2 に高強度の励起用パルスレーザー光 3 を照射することによって E U V 光 5 を発生する一方で、デブリ 7、8 と呼ばれる飛散粒子を発生する。その結果、デブリ 7、8 は光学素子（例えば、照明系第 1 ミラー 6）を汚染・損傷し、光学特性の変化（例えば反射率の低下）を引き起こす。

#### 【 0 0 3 0 】

次に、本発明の好適な実施の形態に係る光学装置について説明する。

#### 【 0 0 3 1 】

図 1 から図 9 は、図 1 0 における、ターゲット材供給装置 1、ターゲット材 2、励起用パルスレーザー光 3、集光レンズ 4、E U V 光 5、照明系第一ミラー 6、デブリ 7（特に、ミラー表面に堆積したデブリ 8）に着目して記述した図である。なお、図 1 ～図 9 において、同様の要素は同様の符号で示している。

#### 【 0 0 3 2 】

（第 1 実施形態）

図 1 は、本発明の好適な第 1 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。

#### 【 0 0 3 3 】

ターゲット材供給装置 1 から吐出されたターゲット材 2 に、集光レンズ 4 で集光された励起用パルスレーザー 3 が照射されることにより、プラズマ光源 1 1 が発生する。光路（E U V 光 5）上に配置された光学素子 6 は、プラズマ光源 1 1 から放射される E U V 光 5 を光路の下流方向に反射する。このとき、デブリ 7 と呼ばれる飛散粒子が発生し、光学素子 6 の表面に堆積する（図 1 の 8 は光学素子に堆積したデブリを示す）。

#### 【 0 0 3 4 】

図 1 においては、プラズマ光源 1 1 から射出された光が光学素子 6 で散乱したときの散乱光 9 を検出するセンサ 1 0 が配置される。センサ 1 0 は、光学素子 6



によって反射される E U V 光 5 の光路とは異なる位置（すなわち露光に関わる光路を遮らない位置）に配置される。測定器 2 0 は、センサ 1 0 により計測された散乱光 9 の計測結果に基づいて、光学素子 6 の光学特性又はその変化を測定する。光学素子 6 の光学特性は、例えば、光学素子 6 の光の反射率を含む。センサ 1 0 は E U V 光 5 の光路上に設けられていないので E U V 光 5 を遮ることがない。したがって、光学装置が露光動作（光路が遮られると実行できない動作の一例）中でも光学素子 6 の光学特性又はその変化を常時計測することができる。すなわち、この光学装置においてはインシチューで、光路上に配置された光学素子の光学特性又はその変化を計測することができる。

### 【 0 0 3 5 】

#### （第 2 実施形態）

図 2 は、本発明の好適な第 2 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。図 1 の構成要素に追加して、プラズマ光源 1 1 から直接射出された直入射光 2 1 を検出するセンサ 2 2 が配置される。また、図 1 の測定器 2 0 に替わって、直入射光 2 1 及び光学素子 6 からの散乱光 9 の計測結果を比較することによって、光学素子 6 の光学特性又はその変化を測定する測定器 2 0 を備える。測定器 2 0 は、直入射光 2 1 に対する散乱光 9 の相対的な大きさを検知することによって、光学素子 6 の光学特性又はその変化を検知することができる。

### 【 0 0 3 6 】

プラズマ光源 1 1 は、その周囲に対して放射状にほぼ同じ大きさで E U V 光 5 を照射するので、センサ 2 2 は光学素子 6 に照射されるのとはほぼ同じ強度の E U V 光 5 を計測することができる。また、本実施形態における方法は、プラズマ光源 1 1 の強度が安定しない場合に特に有効である。

### 【 0 0 3 7 】

例えば、センサ 2 2 で検出される直入射光の強度を  $I_1$ 、センサ 1 0 で検出される光学素子 6 からの散乱光の強度を  $I_2$  とし、光学素子 6 の反射率  $R$  を  $R = I_2 / I_1$  と定義すれば、プラズマ光源 1 1 の強度に関わらず光学素子 6 の反射率を正確に検知することができる。例えば、プラズマ光源 1 1 の強度が 5 % 変動すると、直入射光の強度  $I_1$  を計測しない場合はそのまま 5 % の誤差が生じるが、

直入射光の強度  $I_1$  を計測する場合は誤差が生じない。なお、直入射光の強度  $I_1$  が十分に安定している場合は、図 1 の第 1 実施形態の構成で十分である。

### 【 0 0 3 8 】

#### (第 3 実施形態)

図 3 は、本発明の好適な第 3 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。図 3 においては図 1 の構成要素であるセンサ 1 0 に替えてセンサ 3 4 を配置する。また、プラズマ源 1 1 とは別の光源 3 1 を配置して、その光 3 2 を光学素子 6 に照射し、その正反射光 3 3 をセンサ 3 4 で計測する。測定器 2 0 は、センサ 3 4 によって計測された正反射光 3 3 の計測結果に基づいて、光学素子 6 の光学特性又はその変化を測定することができる。

### 【 0 0 3 9 】

#### (第 4 実施形態)

図 4 は、本発明の好適な第 4 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。図 4 においては、図 3 の構成要素であるセンサ 3 4 に替えてセンサ 3 6 を配置する。センサ 3 6 は、別の光源 3 1 から照射された光 3 2 が光学素子 6 に照射されたときに散乱した散乱光 3 5 を計測する。測定器 2 0 は、センサ 3 6 によって検出された散乱光 3 5 の検出結果に基づいて、光学素子 6 の光学特性又はその変化を測定する。例えば、光学素子 6 の表面に堆積したデブリ 8 が増加すると、光学素子 6 の表面で散乱する散乱光 3 5 が増加して、光学素子 6 の光学特性が変化する。これによって、測定器 2 0 は、散乱光 3 5 の検出結果に基づいて、光学素子 6 の光学特性又はその変化を測定することができる。

### 【 0 0 4 0 】

#### (第 5 実施形態)

図 5 は、本発明の好適な第 5 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。図 5 の光学装置は、図 3 の構成要素であるセンサ 3 4 と、図 4 の構成要素であるセンサ 3 6 とを備える。本実施形態における光学装置は、センサ 3 4 及びセンサ 3 6 の両者の検出結果を比較することによって、光学素子 6 の光学特性又はその変化を測定する測定器 2 0 を更に備える。測定器 2 0 は、光学素子 6 により反射された正反射光 3 3 及び光学素子 6 で散乱した散乱光 3 5 に基づいて、光学素子

6 の光学特性又はその変化を測定することができる。

#### 【 0 0 4 1 】

本実施形態における方法は、別の光源 3 1 の強度が安定しない場合に有効である。例えば、センサ 3 4 からの出力を  $K_1$ 、センサ 3 5 からの出力を  $K_2$  とし、その相対的な強度  $K$  を  $K = K_2 / K_1$  と定義すると、例えば  $K_1$  の出力が変動した場合でも  $K$  の値は安定化するため、散乱光 3 5 の大きさを正しく検知できる。

#### 【 0 0 4 2 】

図 6 は、別の光源 3 1 からの光によって検知した光学素子 6 の光学特性の変化と、プラズマ光源 1 1 から射出される E U V 光 5 に対する光学素子 6 の光学特性の変化との相関を示す概略図である。図 6 では、光学素子 6 の光学特性の一例として E U V 光 5 に対する反射率を用いている。

#### 【 0 0 4 3 】

このように、プラズマ光源 1 1 から射出される E U V 光 5 に対する光学素子 6 の反射率と別の光源 3 1 からの光によって検知した光学素子 6 の光学特性の変化との相関関係を求めて、例えば、測定器 2 0 内のメモリに格納しておくことにより、例えば、測定器 2 0 は、別の光源 3 1 からの光によって計測した光学素子 6 の光学特性値から、E U V 光 5 に対する光学素子 6 の反射率を求めることができる。

#### 【 0 0 4 4 】

(第 6 実施形態)

図 7 は、本発明の好適な第 6 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。光学素子 6 の近傍に膜厚センサ 7 2 が配置される。膜厚センサ 7 2 は、例えば、水晶振動子であり、表面にデブリ 7 1 が堆積すると、その共振周波数が変化するように設計されている。膜厚測定器 7 3 は、膜厚センサ 7 2 の共振周波数の変化量に基づいて、デブリ 7 1 の堆積量を検知することができる。

#### 【 0 0 4 5 】

プラズマ光源 1 1 から発生するデブリ 7 は、光源 1 1 の周囲に対して放射状にほぼ均等に飛散するため、膜厚センサ 7 2 に堆積するデブリ 7 1 の堆積量は光学素子 6 の表面に堆積するデブリ 8 の堆積量とほぼ同じである。このため、膜厚測



定器 73 によりデブリ 71 を検知することによって、光学素子 6 に堆積したデブリ 8 の厚さを間接的に検知することができる。

#### 【0046】

図 8 は、膜厚センサ 72 に堆積したデブリ 71 の堆積量と光学素子 6 の光学特性の変化との相関を示す概略図である。図 8 では、光学特性の一例として光学素子の EUV 光 5 に対する反射率を用いている。

#### 【0047】

このように、膜厚センサ 72 のデブリの堆積量 71 と光学素子 6 の EUV 光 5 に対する反射率の相関関係を求めて、例えば、膜厚測定器 73 内のメモリに格納しておくことにより、膜厚測定器 73 は膜厚センサ 72 の計測結果から光学素子 6 の光学特性又はその変化を求めることができる。例えば、膜厚測定器 73 は、膜厚センサ 72 のデブリの堆積量 71 を検知し、光学素子 6 の EUV 光 5 に対する反射率を求めることができる。

#### 【0048】

(第 7 実施形態)

図 9 は、本発明の好適な第 7 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。プラズマ光源 11 の近くの光路上には透過型の光学素子であるフィルタ 91 が配置され、光学素子 6 上にデブリ 7 が堆積するのを阻止している。図 9 においては、別の光源 92 から射出された光 93 がフィルタ 91 を透過したときの透過光 94 の大きさを検出するセンサ 96 と、フィルタ 91 に堆積したデブリ 7 により散乱した散乱光 95 を検出するセンサ 97 が配置される。測定器 20 は、センサ 96 及びセンサ 97 の検出結果に基づいて、フィルタ 91 の光学特性又はその変化を測定することができる。フィルタ 91 に堆積したデブリ 7 の堆積量が増加すると、EUV 光 5 に対するフィルタ 91 の透過率は低下するが、それに伴ってセンサ 97 で検出される光の大きさは大きくなる。

#### 【0049】

従って、測定器 20 は、センサ 97 の出力からフィルタ 91 の EUV 光 5 に対するフィルタ 91 の透過率を算出できる。また、測定器 20 は、フィルタ 91 の透過率を算出するために、別の光源 92 からの散乱光 95 の大きさを用いてもよ

いし、透過光 94 の大きさを用いてもよいし、透過光 94 と散乱光 95 との比  $F$  を用いてもよい。例えば、透過光 94 の大きさを  $F_1$ 、散乱光 95 の大きさを  $F_2$  とした場合、 $F_1$  を用いてもよいし、 $F_2$  を用いてもよいし、両者の比を例えば  $F = F_2 / F_1$  と定義したときの  $F$  を用いてもよい。

#### 【0050】

以上説明したように、本発明の好適な実施形態によれば、光学装置の露光等の動作中でも光学素子の光学特性又はその変化をインシチューで計測できるため、光学素子の光学特性又はその変化や堆積したデブリの堆積量をより正確にかつ迅速に検知することができる。例えば、光学装置が光学素子を交換可能に設計された露光装置の場合、より正確にかつ迅速に光学素子の交換時期を知ることができる。このため、光学素子の交換時期を予測できることにより、装置の停止時間を短縮し、装置全体のコストを低減することができる。本発明において、光学特性又はその変化をインシチューで測定或いはモニタする対象としての光学素子は、例えば実施形態 1～6 のように反射型の光学素子であってもよいし、例えば実施形態 7 のように透過型の光学素子であってもよい。また、本発明の好適な実施形態では、他の実験系を用意して、予め、その実験系における所定の光源から射出された EUV 光に対する光学素子の反射率と、その他の光源からの光によって検知した光学素子の光学特性又はその変化若しくは光学素子に堆積したデブリの堆積量と、の相関関係を求めておき、その実験結果を測定器内のメモリ等に格納してもよい。

#### 【0051】

また、上記の実施の形態では、光学装置の一例として EUV 露光装置について説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、本発明の好適な実施形態に係る光学装置は、EUV 露光装置よりも波長の長い光源を用いた光学装置にも適用可能である。その場合、透過型の光学素子はフィルタの他、レンズ等であってもよい。

#### 【0052】

(他の実施形態)

次に上記の光学装置を利用した半導体デバイスの製造プロセスを説明する。図

1 2 は半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す。ステップ 1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ 2（マスク作製）では設計した回路パターンに基づいてマスクを作製する。一方、ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記のマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の組立て工程を含む。ステップ 6（検査）ではステップ 5 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これを出荷（ステップ 7）する。

#### 【 0 0 5 3 】

図 1 3 は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ 1 1（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ 1 2（C V D）ではウエハ表面に絶縁膜を成膜する。ステップ 1 3（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 1 4（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 1 5（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ 1 6（露光）では上記の光学装置によって回路パターンをウエハに転写する。ステップ 1 7（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ 1 8（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ 1 9（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。

#### 【 0 0 5 4 】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、例えば、光路上に配置された光学素子の光学特性又はその変化をインシチューで計測することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の好適な第 1 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。

【図 2】

本発明の好適な第 2 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。

【図 3】

本発明の好適な第 3 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。

【図 4】

本発明の好適な第 4 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。

【図 5】

本発明の好適な第 5 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。

【図 6】

別の光源からの光によって検知した光学素子の光学特性の変化と、プラズマ光源から射出される E U V 光に対する光学素子の光学特性の変化との相関を示す概略図である。

【図 7】

本発明の好適な第 6 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。

【図 8】

膜厚センサに堆積したデブリの堆積量と光学素子の光学特性の変化との相関を示す概略図である。

【図 9】

本発明の好適な第 7 の実施形態に係る光学装置を示す概略図である。

【図 1 0】

本発明の好適な実施の形態に係る光学装置の一例である E U V 露光装置の概念図である。

【図 1 1】

ウエハ上のパターンを露光する露光装置の一例を示す図である。

【図 1 2】

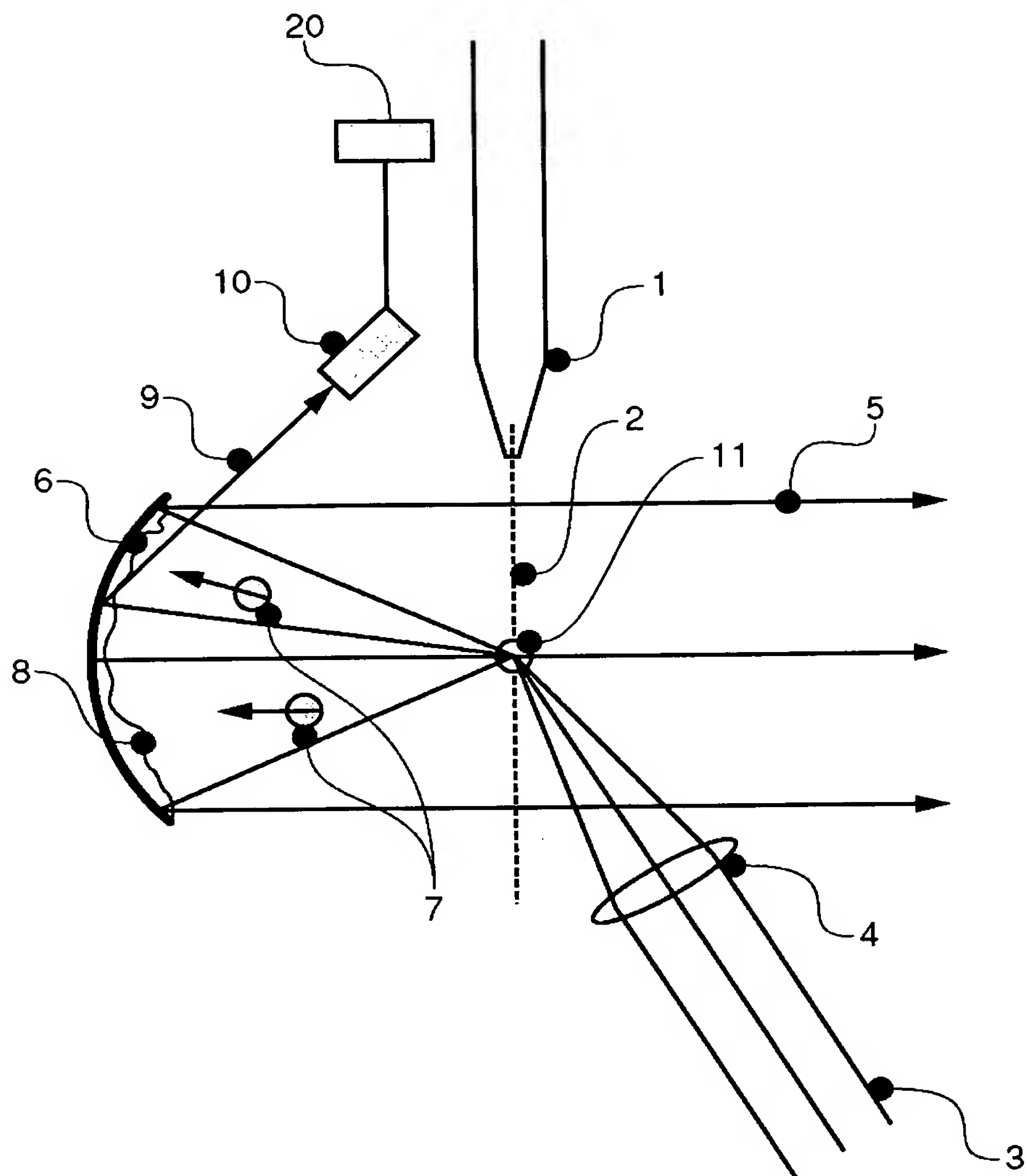
半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。

【図 1 3】

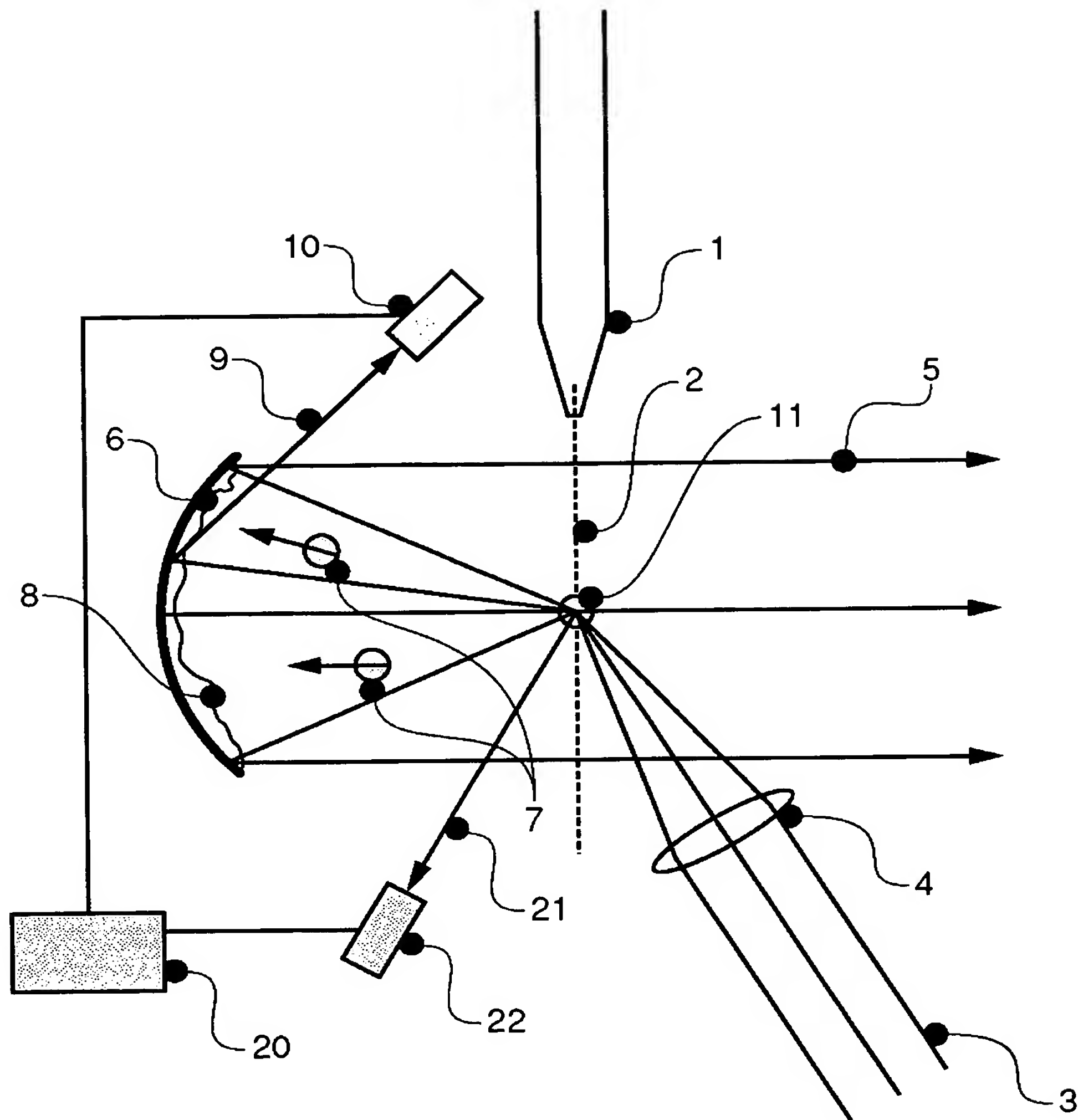
ウエハプロセスの詳細なフローを示す図である。

【書類名】 図面

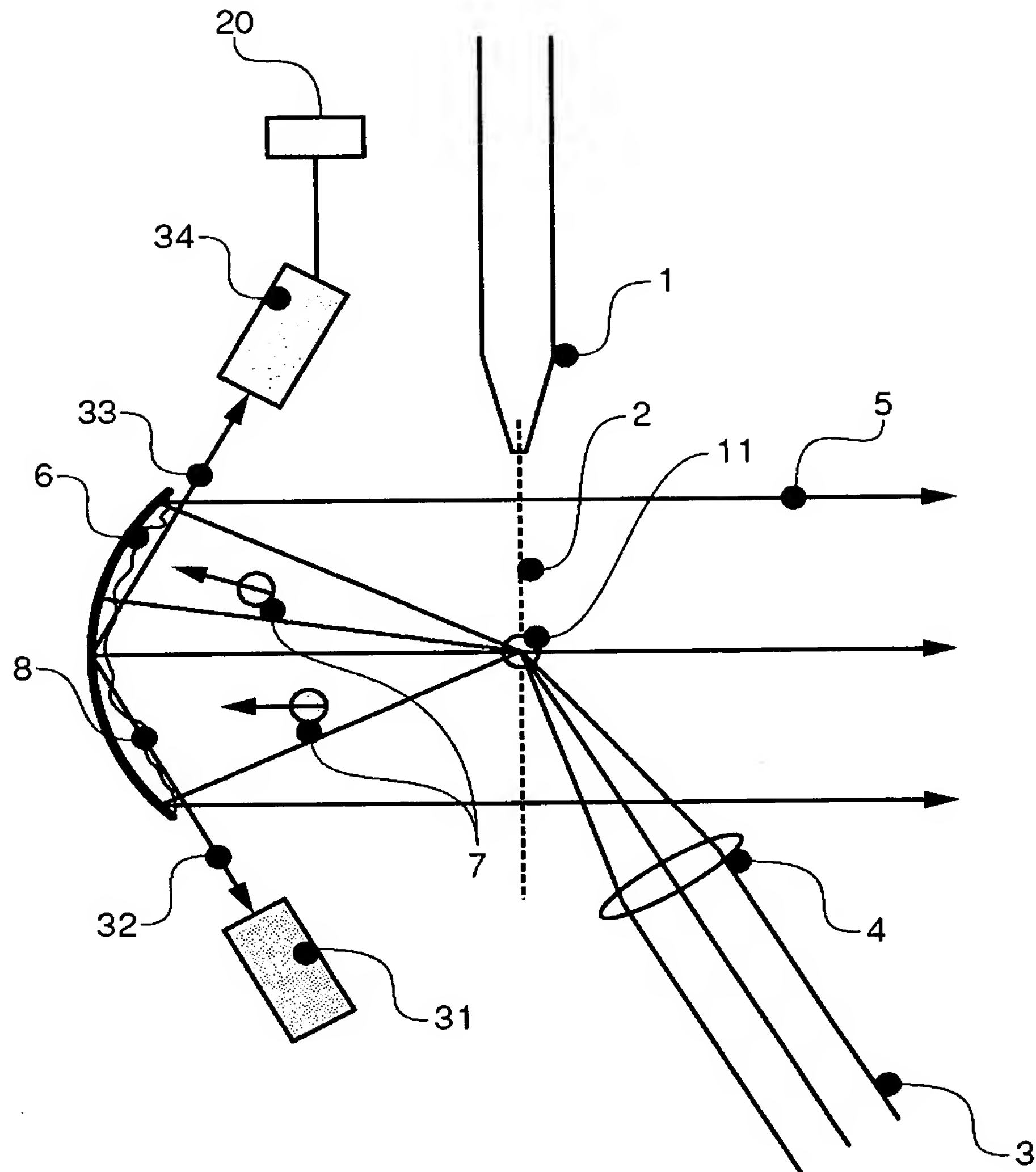
【図 1】



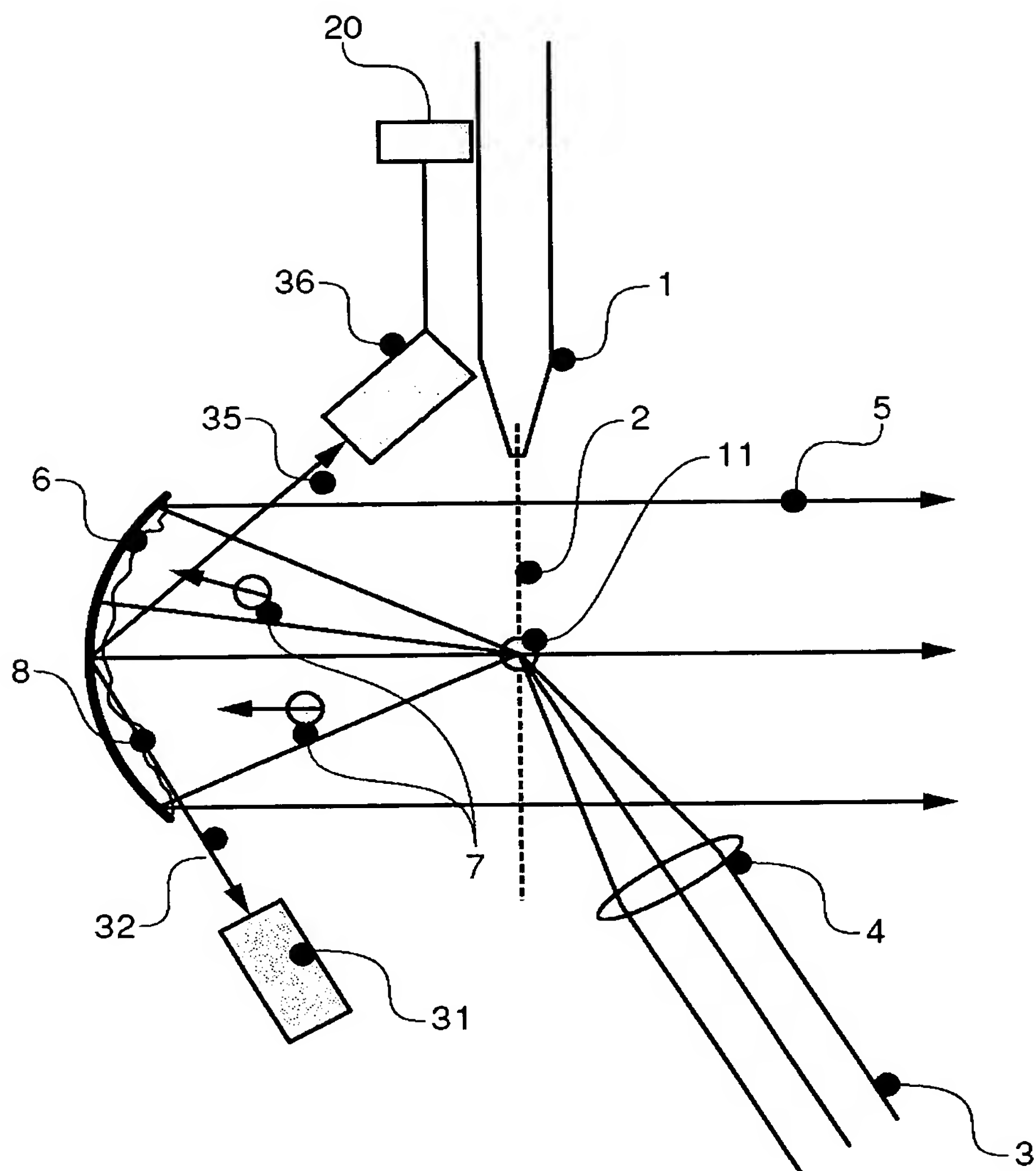
【図 2】



【図 3】

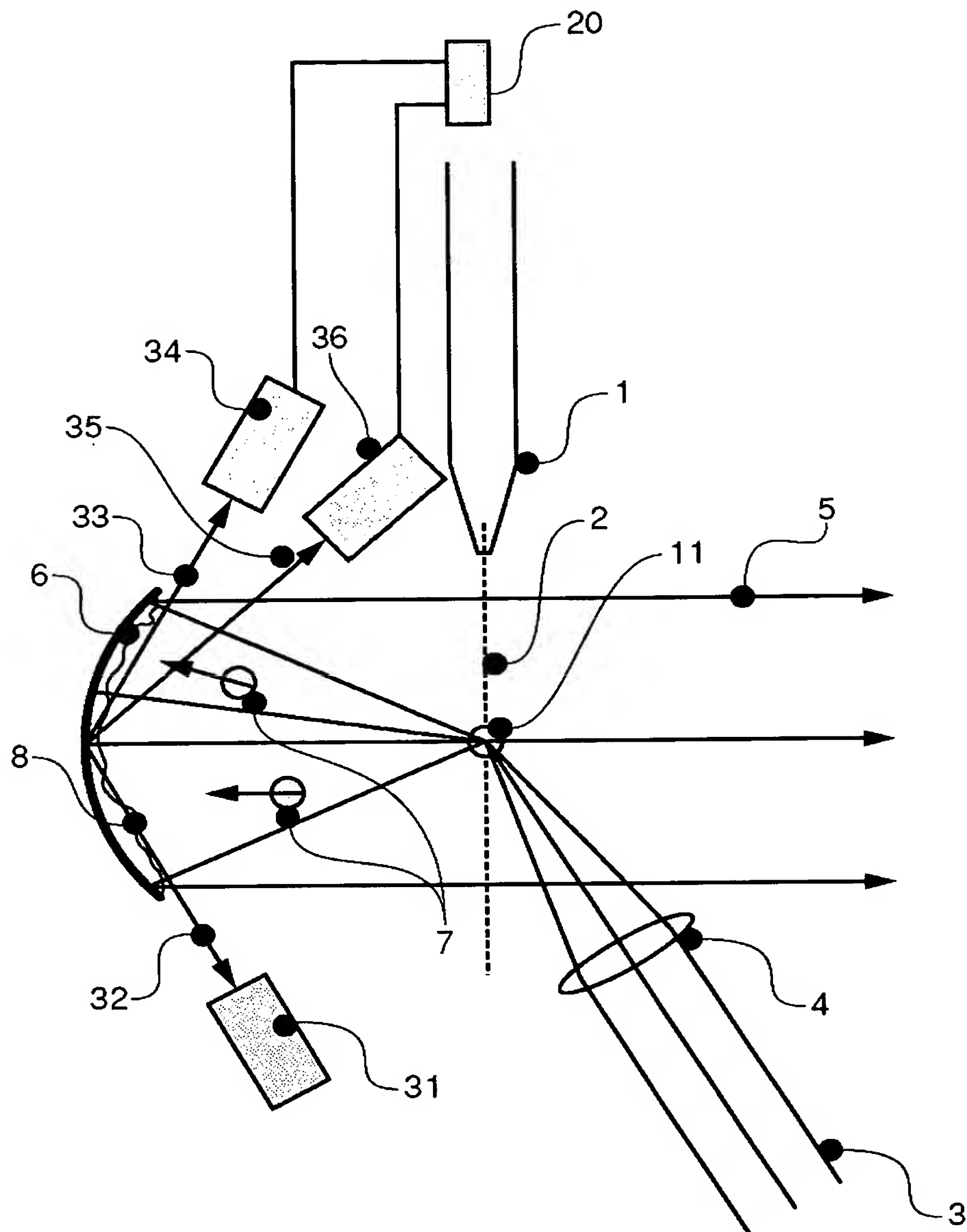


【図 4】



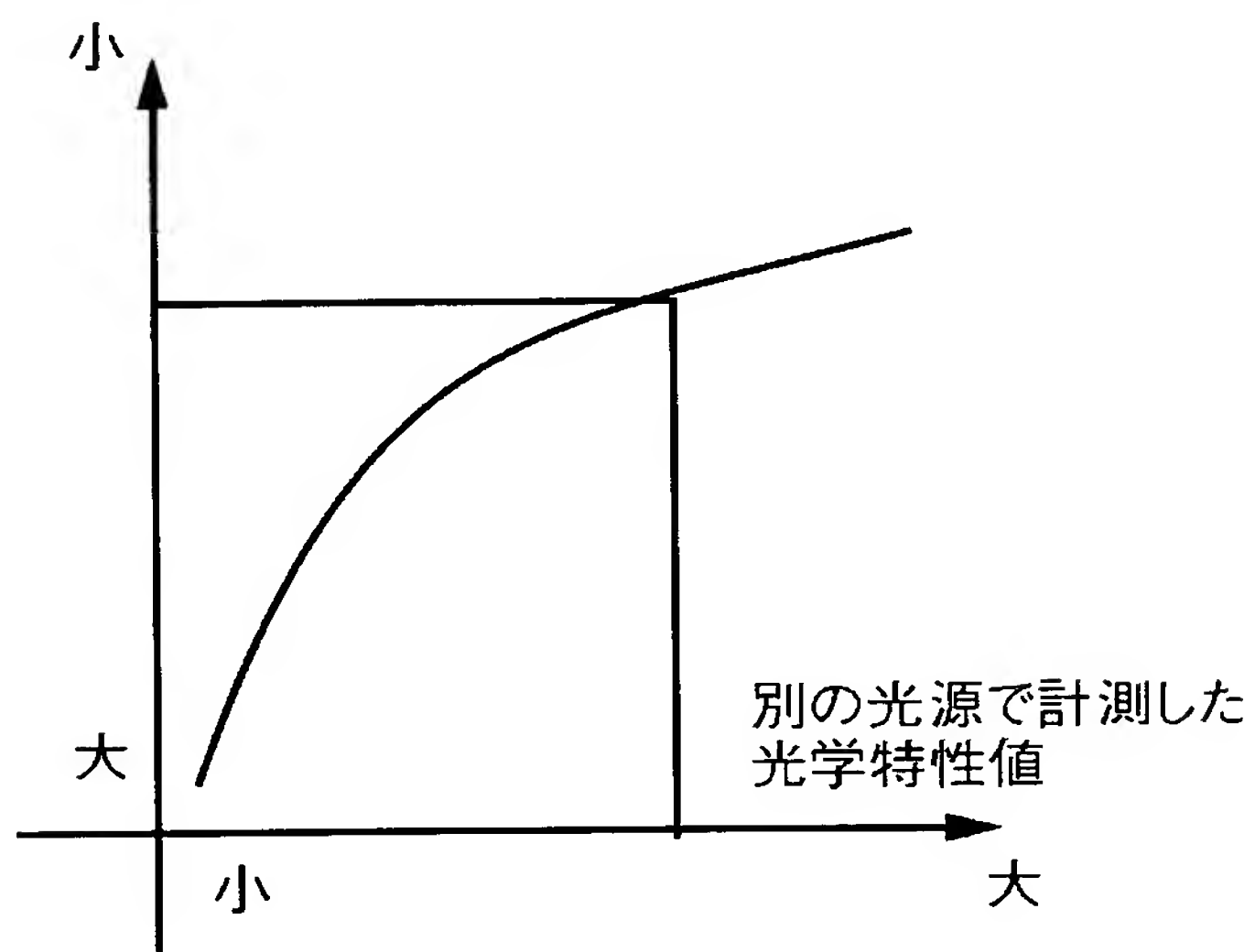


【図 5】

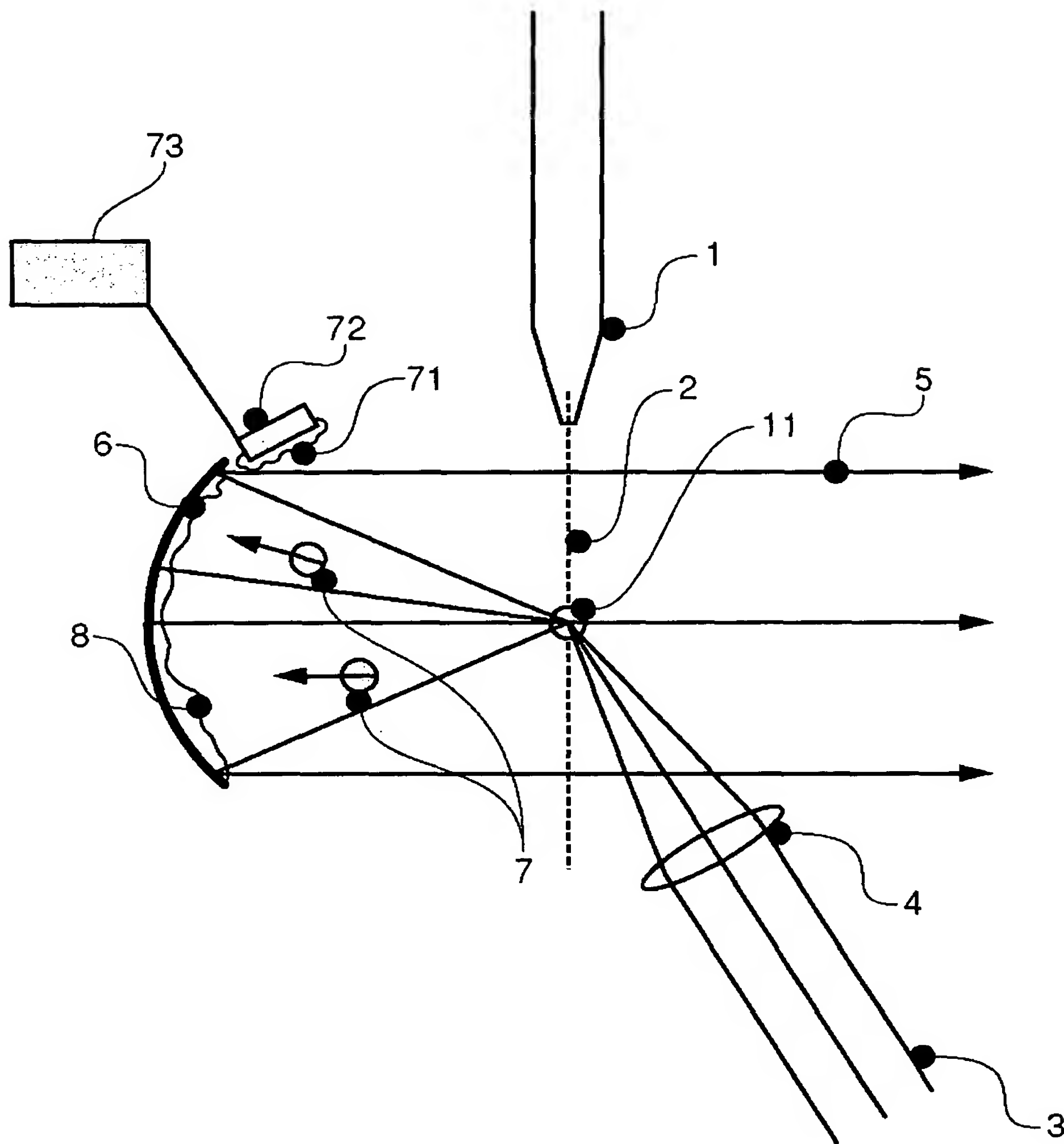


【図 6】

光学素子のEUV光に対する反射率

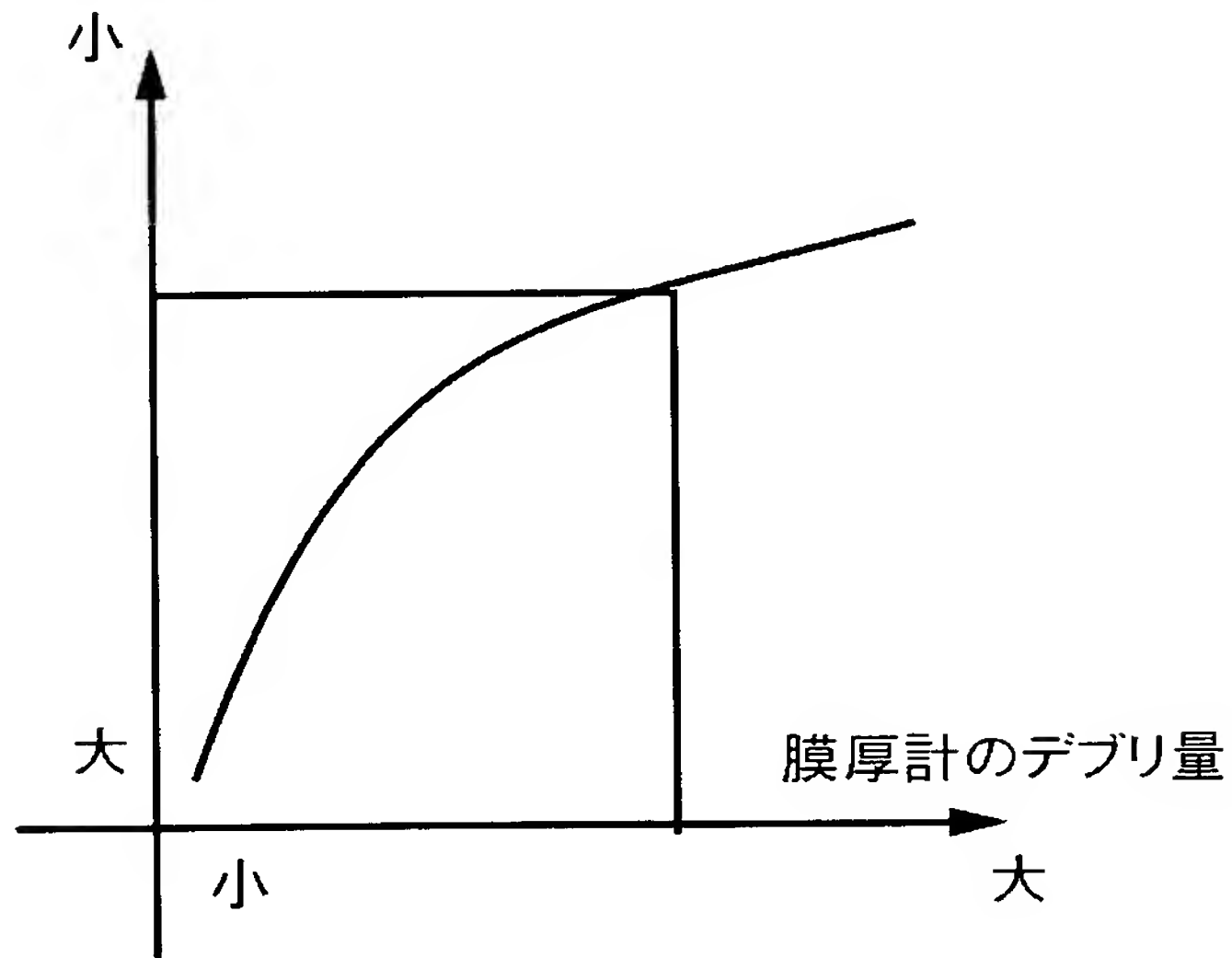


【図 7】

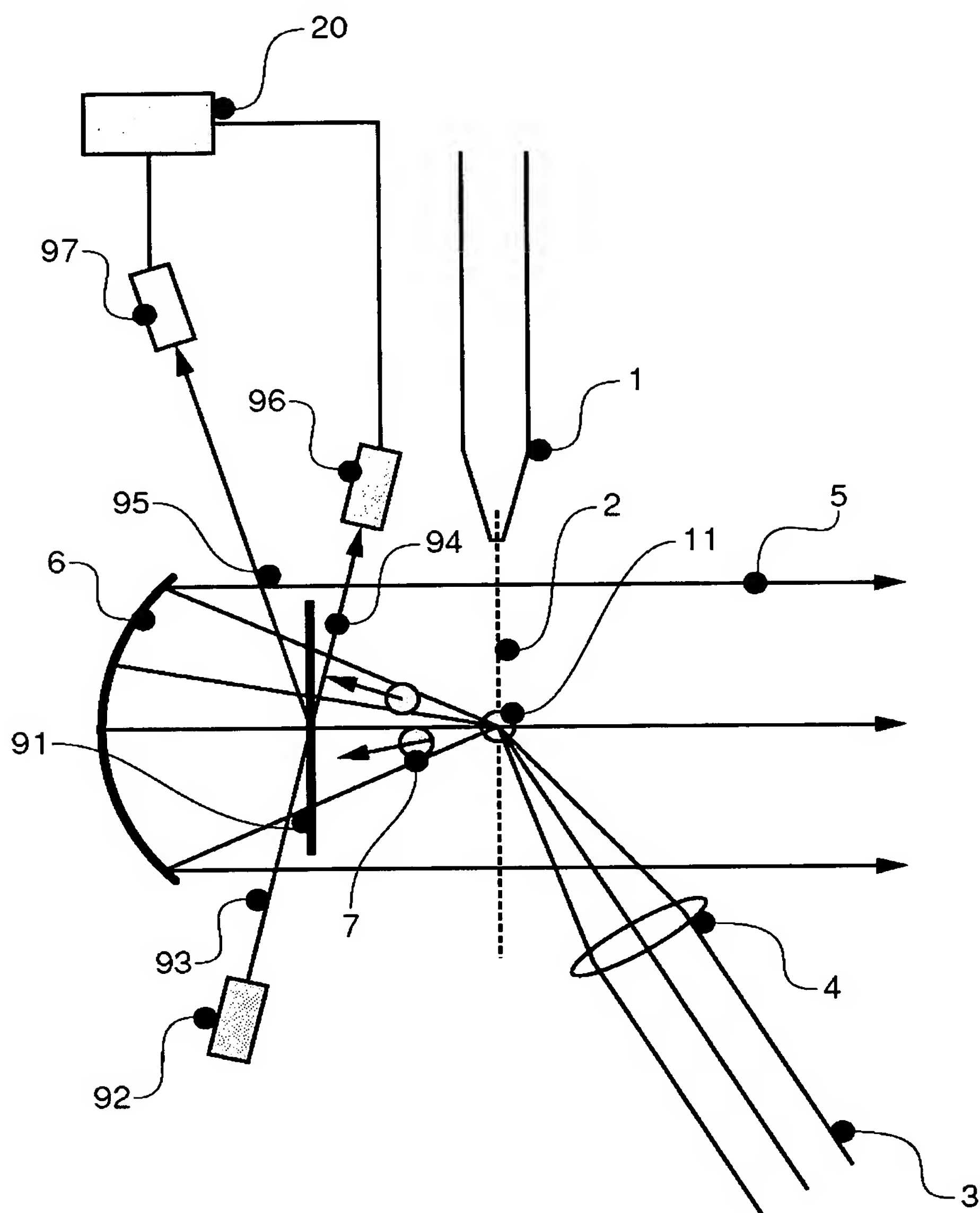


【図 8】

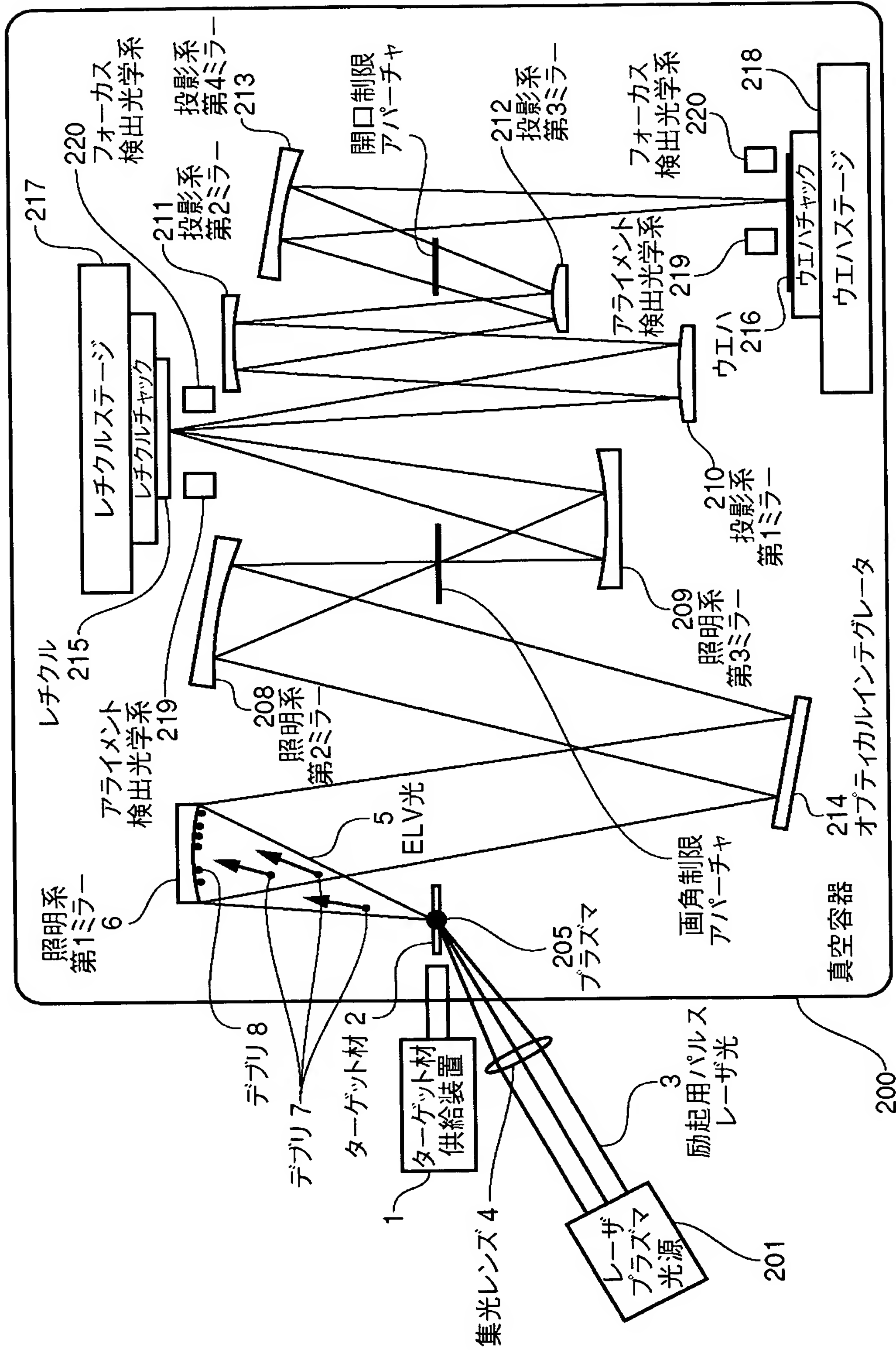
光学素子のEUV光に対する反射率



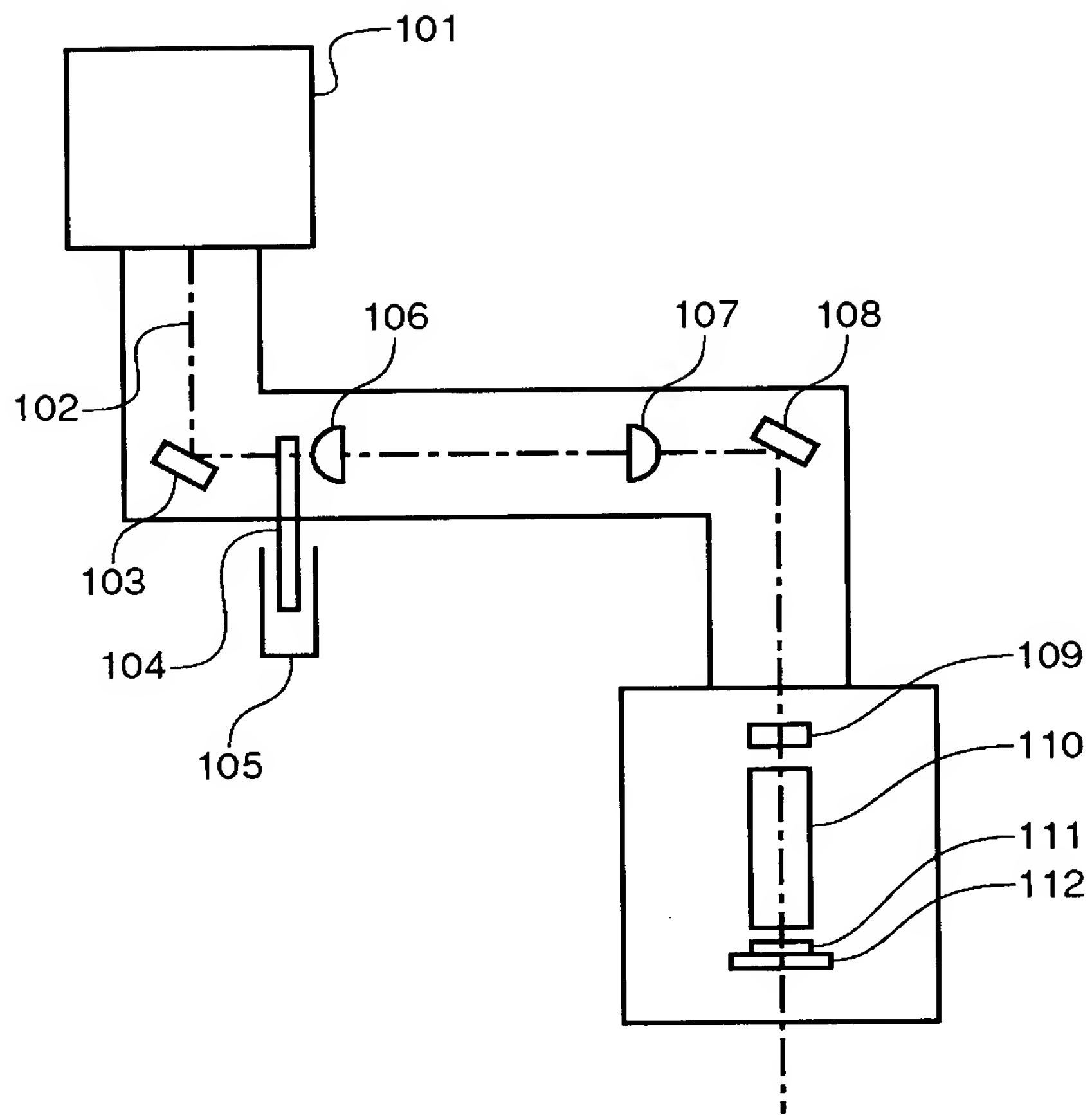
【図 9】



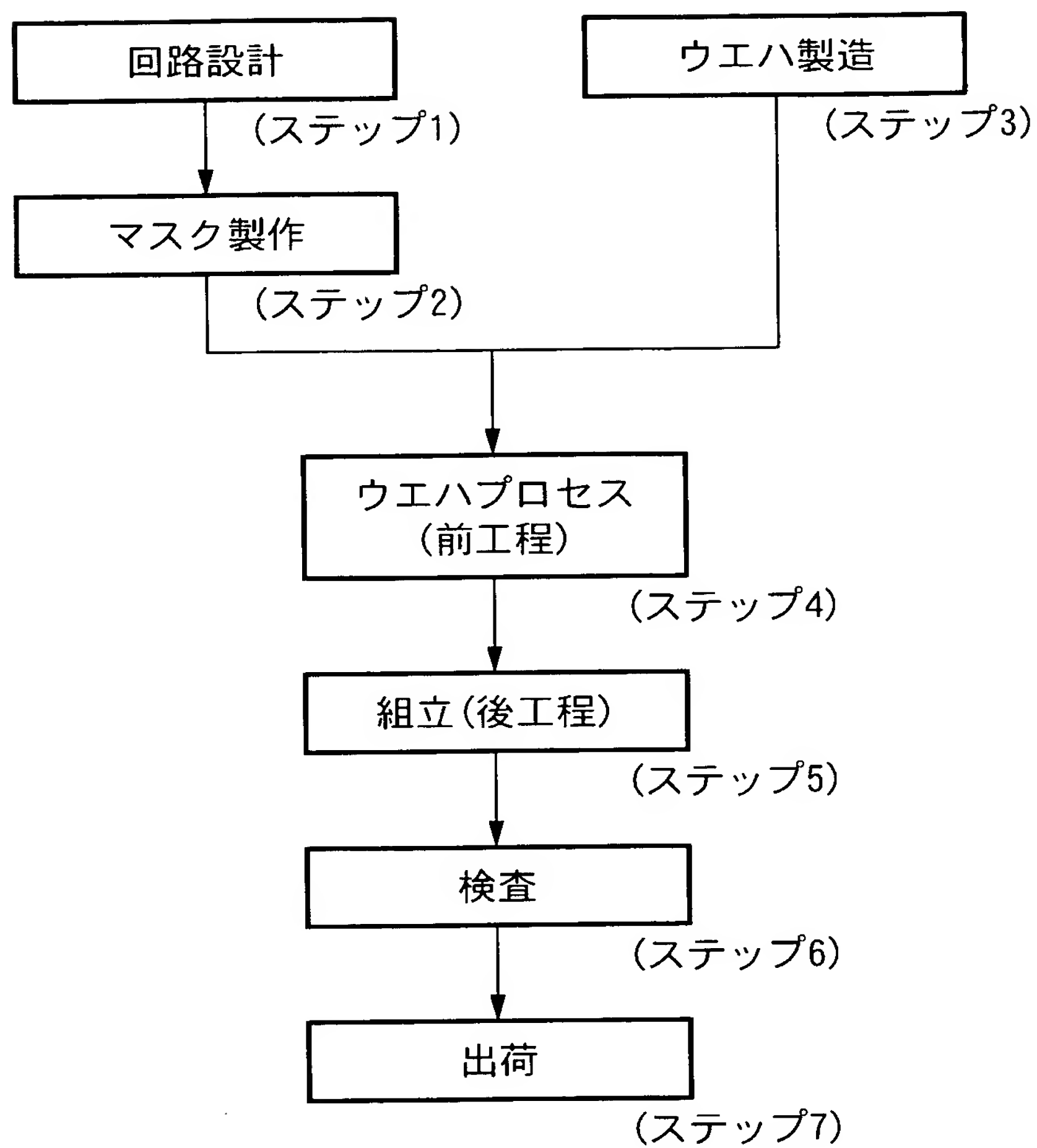
【図 10】



【図 11】

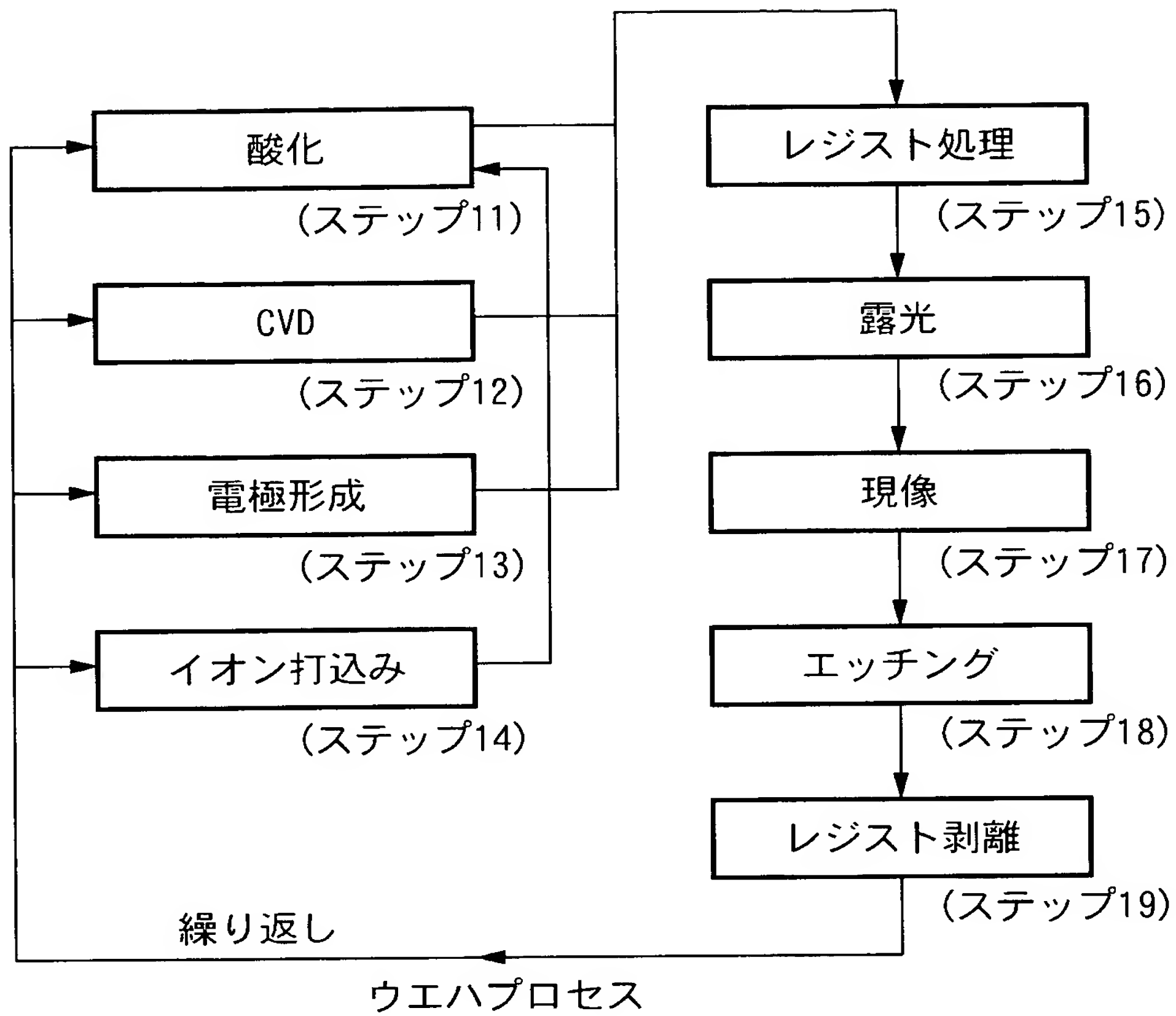


【図 1 2】





【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光路上に配置された光学素子の光学特性又はその変化をインシチューで計測すること。

【解決手段】 プラズマ光源 1 1 から所定位置に至る E U V 光 5 の光路上に配置された光学素子 6 と、光センサ 1 0 と、前記光センサ 1 0 の出力に基づいて前記光学素子 6 の光学特性又はその変化を測定する測定器 2 0 とを備え、前記光センサ 1 0 は、前記光路の外に配置されていることを特徴とする光学装置によって、光路上に配置された光学素子 6 の光学特性又はその変化をインシチューで計測する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 1 6 9 3 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 1 0 0 7 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号
氏 名	キヤノン株式会社